



500.42876X00

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): K. Matsumoto, et al.

Serial No.: 10/616,972

Filed: July 11, 2003

Title: Screw compressor and method of manufacturing rotors thereof.

**LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

November 6, 2003

Sir:


Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby  
claim(s) the right of priority based on:

**Japanese Patent Application No. 2003-006501**  
**Filed: January 15, 2003**

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

**ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP**

  
Alan E. Schiavelli  
Registration No. : 32,087

AES/rr  
Attachment

1048(キ)

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月15日  
Date of Application:

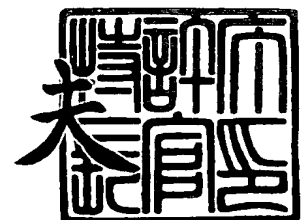
出願番号 特願2003-006501  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-006501]

出願人 株式会社 日立インダストリイズ  
Applicant(s):

2003年10月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3083727

【書類名】 特許願

【整理番号】 1502008131

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23F 15/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都足立区中川四丁目 1 3 番 1 7 号 株式会社 日立  
                                インダストリイズ内

    【氏名】 松本 一宏

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都足立区中川四丁目 1 3 番 1 7 号 株式会社 日立  
                                インダストリイズ内

    【氏名】 加藤 吐夢

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社 日立製作所  
                                機械研究所内

    【氏名】 亀谷 裕敬

【特許出願人】

    【識別番号】 000233077

    【氏名又は名称】 株式会社 日立インダストリイズ

【代理人】

    【識別番号】 100075096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 作田 康夫

    【電話番号】 03-3212-1111

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スクリュー圧縮機およびそのロータの製造方法と製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュー溝を形成してある雄ロータと雌ロータを有し、これら両ロータが各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するスクリュー圧縮機において、

該各ロータはそれらの各スクリュー溝にそのねじれ方向に沿った微少深さの凹条を備えているものであることを特徴とするスクリュー圧縮機。

【請求項 2】

上記請求項 1 に記載のスクリュー圧縮機において、該凹条は各スクリュー溝の全面に各スクリュー溝のねじれ方向に沿って並行して設けてあることを特徴とするスクリュー圧縮機。

【請求項 3】

上記請求項 1 に記載のスクリュー圧縮機において、該両ロータの曲面が凸面と凸面の組み合わせになる個所においては該凹条における個々の幅と隣接する凹条同士のピッチ間隔を凸面と凹面の組み合わせになる個所よりも狭くしてあることを特徴とするスクリュー圧縮機。

【請求項 4】

上記請求項 1 に記載のスクリュー圧縮機において、該雄ロータにおけるスクリュー溝の底部における該凹条は個々の幅と隣接する凹条同士のピッチ間隔を該底部以外における該凹条よりも狭くしてあることを特徴とするスクリュー圧縮機。

【請求項 5】

上記請求項 1 に記載のスクリュー圧縮機において、該両ロータの回転で形成される両ロータ間における微少間隔最小部の移動経路と該凹条が交差する領域では該凹条に空気に対する流体抵抗を増加させる手段を設けてあることを特徴とするスクリュー圧縮機。

【請求項 6】

上記請求項 1 に記載のスクリュウ圧縮機において、該両ロータの回転で形成される両ロータ間における微少間隔最小部の移動経路と該凹条が交差する領域では該凹条の表面を荒らしてあることを特徴とするスクリュウ圧縮機。

**【請求項 7】**

ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成してある雄ロータと雌ロータを有し、これら両ロータが各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法において、

工具としてボールエンドミルを備えたマシニングセンタによる切削加工で雄ロータあるいは雌ロータにおけるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微少深さの凹条形成をする仕上げ加工を行うことを特徴とするスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法。

**【請求項 8】**

上記請求項 7 に記載のスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法において、該両ロータの曲面が凸面と凸面の組み合わせになる個所においては該凹条の形成を凸面と凹面の組み合わせになる個所に凹条を形成するボールエンドミルよりも工具半径が小さいものを用いることを特徴とするスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法。

**【請求項 9】**

上記請求項 7 に記載のスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法において、該雄ロータにおけるスクリュウ溝の底部に形成する該凹条は底部以外における凹条を形成するボールエンドミルよりも工具半径が小さいもので形成することを特徴とするスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法。

**【請求項 10】**

上記請求項 7 に記載のスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法において、該両ロータの回転で形成される両ロータ間における微少間隔最小部の移動経路と該凹条が交差する領域ではボールエンドミルによりアップカット加工を行うことを特徴とするスクリュウ圧縮機におけるロータの製造方法。

**【請求項 11】**

ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成してある雄ロータと雌ロータを有し、これら両ロータが各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するスクリュウ圧縮機におけるロータの製造装置において、

マシニングセンタが、工具としてのボールエンドミルと、該ボールエンドミルで雄ロータあるいは雌ロータにおけるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微少深さの凹条形成をする仕上げ加工を行う制御部を備えていることを特徴とするスクリュウ圧縮機におけるロータの製造装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成してある雄ロータと雌ロータを有し、これら両ロータが各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するスクリュウ圧縮機およびそのロータの製造方法と製造装置に係り、特に両ロータの回転中における圧縮空気の漏れが少なく、高い圧縮効率が得られるスクリュウ圧縮機およびそのロータの製造方法と製造装置に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

スクリュウ圧縮機では、ケーシング内に雄ロータと雌ロータを収容するボアを形成してある。このボアは、断面円形状で互いに平行な雄ロータ側ボアと雌ロータ側ボアに分かれている。雄ロータ側ボアと雌ロータ側ボアにおける各々の中心と雄ロータと雌ロータのそれぞれの軸心は一致してあって、雄ロータと雌ロータは雄ロータと雌ロータの各歯は接触しない程度の微少間隙をもってタイミングギヤを介して回転し、その回転で空気を吸い込んで吐き出し、圧縮機として用いたり真空ポンプとして用いたりしている。

##### 【0003】

スクリュウ圧縮機における重要な問題は、雄ロータと雌ロータが回転しているときに雄ロータと雌ロータの間の間隙や雄ロータあるいは雌ロータとこれらを収

容するボアの間隙で圧縮した空気が漏れて、所望の圧縮効率が得られないことである。

#### 【0004】

従来、この問題を解決するために各ロータの歯形を高精度に成形するようにしており、そのための加工法として総型歯形刃具によるフライス加工、ホブカッタによるホブ加工や高剛性NC旋盤による旋盤加工などが提案されている（下記文献参照）。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平8-197331号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

高い圧縮効率を得るために特に高精度な加工が要求される場合は、上記従来技術では充分とは云えず、砥石を備えた研削盤による研削加工で歯形成形を行っていた。

#### 【0007】

ロータの材質は高剛性のものを用いていることから砥石の磨耗が早く、あるいは容量が異なるスクリュウ圧縮機のロータを研削するためなどに砥石を交換した場合には精度維持のため新しい砥石での試し削りが必要であり、また、歯型形状を測定しては仕上げ研削加工を行っている。従って、多品種生産の場合には、人手と時間を要してしまう問題があった。

#### 【0008】

また、大容量スクリュウ圧縮機用のロータの研削加工に用いる砥石は大型で重量もかなり重いために、砥石交換時にクレーンを使用しなければならず、人手作業となり自動加工化の障害となっていた。

それゆえ本発明の目的は、圧縮した空気の漏れが少なくて高い圧縮効率が得られるスクリュウ圧縮機を提供することにある。

#### 【0009】

また、本発明の目的は、高い圧縮効率が得られるスクリュウ圧縮機のロータを

容易に製造することができる製造方法とその製造装置を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明スクリュウ圧縮機の特徴とするところは、ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成してある雄ロータと雌ロータを有し、これら両ロータが各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微小間隙を保持しながら回転するスクリュウ圧縮機において、該各ロータはそれらの各スクリュウ溝にそのねじれ方向に沿った微小深さの凹条を備えていることにある。

#### 【0011】

上記目的を達成する本発明スクリュウ圧縮機の製造方法の特徴とするところは、工具としてボールエンドミルを備えたマシニングセンタによる切削加工で雄ロータあるいは雌ロータにおけるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微小深さの凹条形成をする仕上げ加工を行うことである。

#### 【0012】

また、上記目的を達成する本発明スクリュウ圧縮機の製造装置の特徴とするところは、マシニングセンタが、工具としてのボールエンドミルと、該ボールエンドミルで雄ロータあるいは雌ロータにおけるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微小深さの凹条形成をする仕上げ加工を行う制御部を備えていることにある。

#### 【0013】

各ロータの各スクリュウ溝は空気の吸込口から吐出口に向けて設けるものであるから、各ロータの各スクリュウ溝にそのねじれ方向に沿って形成した微小深さの凹条は圧縮した空気が漏れる間隙というよりも吐出口に向かう圧縮空気の通路となり、スクリュウ溝の表面に凹凸を設けて間隙が存在しているのに表面に高精度に表面を研削して間隙を狭くする場合よりも、逆に漏れは減少する。

#### 【0014】

このような凹条形成はマシニングセンタの工具としてボールエンドミルを用いて実行するので、工具取り替えは容易であるし、マシニングセンタによる制御も容易で、作業者に多大な負担が掛からない。

#### 【0015】



**【発明の実施の形態】**

以下、本発明を図 1 乃至図 3 に示した一実施形態に基いて説明する。

**【0 0 1 6】**

図 1 は本発明になるスクリュウ圧縮機 1 を上から見た縦断面図、図 2 はそのスクリュウ圧縮機 1 を横から見た縦断面図、図 3 はスクリュウ圧縮機 1 における雄ロータ 5 と雌ロータ 6 の配置状況を示す斜視図である。

**【0 0 1 7】**

図 1 乃至図 3 において、ケーシング 2 は主ケーシング 2 a と吐出側ケーシング 2 b およびエンドカバー 2 c とからなり、主ケーシング 2 a 内にボア 3, 4 がある。ボア 3, 4 は断面円形状で互いに平行であり、ボア 3 内に雄ロータ 5、ボア 4 内に雌ロータ 6 を収容している。雄ロータ 5 の歯の数は 4 枚、雌ロータ 6 の歯の数は 6 枚で、雄ロータ側ボア 3 と雌ロータ側ボア 4 における各々の中心と雄ロータ 5 と雌ロータ 6 のそれぞれの軸心は一致している。そして雄ロータ 5 と雌ロータ 6 は、それらの各歯が接触しない程度の微小間隙をもってタイミングギヤ 7, 8 を介して図 3 に示すように互いに逆方向に回転する。

**【0 0 1 8】**

雄ロータ 5 とタイミングギヤ 7 と雌ロータ 6 とタイミングギヤ 8 はそれぞれ焼き嵌めにより強固に結合してある。タイミングギヤ 7 は図示していないプルギヤと噛み合っており、このプルギヤによってタイミングギヤ 7 を介して雄ロータ 5 が回転し、雌ロータ 6 はタイミングギヤ 7 と噛み合っているタイミングギヤ 8 を介して回転する。

**【0 0 1 9】**

9, 10 と 11, 12 はそれぞれ主ケーシング 2 a と吐出側ケーシング 2 b に各ロータ 5, 6 を回転可能に保持するベアリングであり、13, 14 と 15, 16 はそれぞれ主ケーシング 2 a や吐出側ケーシング 2 b と各ロータ 5, 6 の間に設けた軸封装置である。主ケーシング 2 a とボア 3, 4 は二重構造であり、内部空間は冷却媒体を吐出側ケーシング 2 b 側から供給するようになっている。

**【0 0 2 0】**

17 は空気の吸入口、18 は圧縮した空気の吐出口である。主ケーシング 2 a

とエンドカバー 2 c で構成する空間は油溜りとして潤滑油 19 を封入してあり、雌ロータ 6 の端部に固定したスリング 20 は雌ロータ 6 の回転に従って潤滑油を跳ね飛ばし、ベアリング 9, 11 に潤滑油を供給する。

#### 【0021】

雄ロータ 5 と雌ロータ 6 の各スクリュウ溝における全面にそのねじれ方向に沿った微少深さを持つ多数の凹条 5 a, 6 a を設けてある。両ロータ 5, 6 をエンドカバー 2 c 側から見た状態で示している図 3 では、簡略化のために多数の凹条 5 a, 6 a のうちの 1 条ずつを点線で示している。

#### 【0022】

次に、多数の凹条 5 a, 6 a を雄ロータ 5 と雌ロータ 6 の各スクリュウ溝全面に形成する製造方法とその装置について説明する。

#### 【0023】

図 4 は、雄ロータ 5 と雌ロータ 6 の各スクリュウ溝全面に多数の凹条 5 a, 6 a を形成する製造装置としてのマシニングセンタ 31 とその制御部（制御盤）であるパソコン 51 を示す概略図である。

マシニングセンタ 31 には、基台 32 上において水平な X, Y の各方向に移動し得るマシニングセンタ本体 33 があり、マシニングセンタ本体 33 は、油圧式ホルダ 34 でボールエンドミル 35 を Z 軸下方向に保持して、ボールエンドミル 35 を X, Y 各軸方向及び Z 軸（上下）方向に移動させる。基台 32 上には回転テーブル 36 があり、その回転軸（回転 A 軸）は水平で X 軸方向を向いていて、回転中心には超硬センタ 37 を取付けてある。回転テーブル 36 の超硬センタ 37 に対向させて芯押し台 38 を設けてあり、超硬センタ 37 と芯押し台 38 の間で雄ロータ 5（あるいは雌ロータ 6）を両センタ支持する構造となっていて、支持した雄ロータ 5（あるいは雌ロータ 6）を A 軸廻りで回転させる。パソコン 51 はパソコン本体 52 とモニタ画面 53 とキーボード 54 からなり、後述するソフトプログラムでマシニングセンタ 31 を駆動制御する。マシニングセンタ 31 とパソコン 51 を繋ぐケーブルは図示を省略している。

#### 【0024】

次に、図 5 により、雄雌各ロータ 5, 6 の製造工程について説明する。

まず、ステップ（以下、「S」と略記する。）100で従来公知の加工機械により雄ロータ5あるいは雌ロータ6の粗加工をする。なお、以下の説明は、雄ロータ5を製造することとして説明を進める。

#### 【0025】

S200で、粗加工後の雄ロータ5の形状測定をする。

この測定は、図4に示したマシニングセンタ31のホルダ34にボールエンドミル35に代えて、図6に示すようにタッチプローブ39を装着して行う。

#### 【0026】

雄ロータ5の形状測定の詳細を図7、図8を引用しつつ説明する。

まず、マシニングセンタ31のX軸に雄ロータ5の軸中心を正しくセットしてあるか、確認をする。即ち、X軸方向については例えば、タイミングギヤを嵌める円筒部5Bの端面位置にタッチプローブ39を当接させて、マシニングセンタ31に内蔵のエンコーダでタッチプローブ39の位置座標データを得る。

#### 【0027】

続いて、ベアリング9、10を嵌める円筒部5A、5Bの外周3箇所にタッチプローブ39を当接させて、マシニングセンタ31に内蔵のエンコーダでタッチプローブ39の位置座標データを得る。この時の3データを円に内接する三角形の角位置として円の中心位置を算出し、雄ロータ5の軸中心を得る。あるいは、タッチプローブ39でY軸方向最外周位置において直径の位置座標データを得てY軸方向中心位置を算出し、Z軸方向で最外周位置からにおいてZ軸方向に半径距離垂下した位置を雄ロータ5の軸中心とする。そして、軸中心とマシニングセンタ31のX軸の中心を一致させる。

#### 【0028】

次に、A軸方向に雄ロータ5を正しくセットするために、図7のS201で図8(a)のようにタッチプローブ39により任意なX軸方向における歯位置で歯のZ軸上の位置データTaを測定する。なお、図8で実線は雄ロータ5の実際の輪郭を表し、点線は設計上の輪郭を示している。位置データTaに対応した設計上の位置データはパソコン本体52に予め分かっているから、両位置データの偏差 $\Delta t_a$ は即座に得られる。そして、S202で回転テーブル36により雄ロー

タ 5 を A 軸方向に回転させ向かい側の歯にタッチプローブ 39 を当接させて、位置データ  $T_b$  を測定する。この時の設計上の位置データもパソコン本体 52 は分かっているので、偏差  $\Delta t_b$  を算出する。

#### 【0029】

次に S 203 で偏差  $\Delta t_a$  と偏差  $\Delta t_b$  の大小関係を求めて、偏差  $\Delta t_a$  の方が大きいなら S 204 に進み、小さければ S 205 に進む。偏差  $\Delta t_a$  が偏差  $\Delta t_b$  より小さい場合を図 8 (b) で示している。

#### 【0030】

S 204 あるいは S 205 では、それぞれ A 軸を予め決めておいた微小角度だけマイナス方向あるいはプラス方向に回転させ、再び点  $T_a$ 、 $T_b$  の位置データを S 206、S 207 で計測し、微小角度回転後の新たな位置偏差  $\Delta t_a$  と偏差  $\Delta t_b$  を得る。その後 S 208 でそれらの差が取代許容値以内かどうか判断し、許容値以内であれば、その時の A 軸位置を原点として決定して (S 209)、終了とするが、許容値以外であれば S 203 に戻って、許容値以内になるまで以上説明した処理を繰り返して終了とする。これで、雄ロータ 5 のセットが終了する。

#### 【0031】

次に、図 9 に示す測定プロフィール K について説明する。

図 6 のように、雄ロータ 5 の任意の位置にタッチプローブ 39 を当接させ、A 軸周りに雄ロータ 5 を微小角度ずつ回転させてはタッチプローブ 39 を当接させタッチプローブ 39 に内蔵のエンコーダから算出した雄ロータ表面の Z 軸方向位置データを求めることを繰り返し、図 10 のような X 軸方向での断面の形状を得る。そして、雄ロータ 5 を X 軸方向に微小距離ずらしてタッチプローブ 39 を当接させ、ここでも図 10 のような X 軸方向での断面の形状を得る。このようなことを雄ロータ 5 の X 軸方向全長に亘って実行し計測した X Y Z の各位置データを総合すれば、図 6 に示す雄ロータ 5 の外形を描くことができる。実際には、雄ロータ 5 の X 軸方向両端から任意距離間、例えば、10 mm ずつについて計測をして、計測をしない領域については画像処理で計測をした領域の形状をスクリュウ溝のねじれ方向に延長させて全外形を創作する。これが S 200 での測定であ

る。

#### 【 0 0 3 2 】

そして、吸込側の始点 P s から吐き出し側の終点 P e に亘る X 軸方向移動位置と A 軸方向回転角に対し原点を基に立体的に示すと、図 9 の測定プロフィール K を得ることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

なお、3次元測定器を用いれば、雄オスロータ 5 の外形をセンサでなぞって計測して、図 9 に示す吸込側の始点 P s から吐き出し側の終点 P e に亘る X 軸方向移動位置と A 軸方向回転角に対し原点を基に立体的に表す任意位置の測定プロフィール K だけでなく雄ロータ 5 における全表面のプロフィールを容易に得ることができる。

#### 【 0 0 3 4 】

X 軸方向に微少距離移動させつつ A 軸方向に微少角度回転させたときの X 軸方向全長に亘る設計上の Z 軸方向位置データを設計上のプロフィールとして、これをボールエンドミル 3 5 によるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微少深さの凹条加工のための設計値とする。

#### 【 0 0 3 5 】

S 2 0 0 で測定を終了したら、S 3 0 0 で仕上げ加工が必要かどうか判定をする。図 5 の粗加工 S 1 0 0 では仕上げ加工 S 5 0 0 を越える加工を施すことは無く、図 1 0 に実線で示すように雄ロータ 5 の輪郭が持つデータは仕上げ加工後の点線で示す設計上の輪郭が持つデータより大きい。従って、両輪郭が持つデータの偏差から仕上げ加工が必要と判定され、S 4 0 0 において仕上げ加工のための上記偏差に補正処理を施してから S 5 0 0 で仕上げ加工を行う。

#### 【 0 0 3 6 】

この仕上げ加工は、ボールエンドミル 3 5 によるスクリュウ溝のねじれ方向に沿った微少深さの凹条加工をするものである。この凹条（図 3 の 5 a あるいは 6 a）は、各スクリュウ溝の全面に各スクリュウ溝のねじれ方向に沿って並行して多数本設けている。

#### 【 0 0 3 7 】

個々の凹条加工は、図4におけるマシニングセンタ31の仕上げ加工を行うボールエンドミル35はZ軸方向の位置は不変でZ軸周りに回転しており、雄ロータ5を回転テーブル36によりA軸を微小角度ずつ回転させながらマシニングセンタ本体33をX軸方向に微小距離ずつ移動させることにより、図9に示すように、吸込側の始点P<sub>s</sub>から吐き出し側の終点P<sub>e</sub>にかけてのプロフィールKをもつ凹条を形成できる。これを、雄ロータ5を計測して得た測定プロフィールKと設計上のプロフィールKが一致するように、雄ロータ5の全スクリュウ溝について、補正処理をしながら凹条の形成を実行する。

#### 【0038】

ここで、上記補正処理について説明する。

上記仕上げ加工では、ボールエンドミル35は図11に実線で示すようにZ軸方向に真直ぐ伸びて最下端で加工をすることを予定して加工の設定をするようになっているが、雄ロータ5や雌ロータ6の加工面はスクリュウ溝であり、傾斜面に当接して切削をする。この場合、ボールエンドミル35は、傾斜面で反力を受けて点線で示すように撓んでいる。図10のように雄ロータ5や雌ロータ6のスクリュウ溝はインボリュート形状を持たせており、接触角 $\alpha$ は一様でないことからボールエンドミル35の撓み量は変動し、接触角 $\alpha$ が小さければ撓み量は小さく、接触角 $\alpha$ が大きければ撓み量は大きくなって、撓み量の違いが加工精度の差となる。具体的には、撓み量は大きいと切削不足となる。

#### 【0039】

そこで、その補正をして所望の仕上げ加工になるようにするのが、図5における補正処理S400である。

次に、その補正処理S400について説明する。

#### 【0040】

図12において、ボールエンドミル35は実線で示す傾斜面の任意の切削位置Gで雄ロータ5を切削をしているとする。ボールエンドミル35のボール中心Hは、切削位置Gの法線ベクトル $n$ の延長上にある。マシニングセンタ31のNCデータ指令点Mは、ボールエンドミル35の先端（最下端）であり、ボールエンドミル35の軸線ベクトル $e$ の延長上にある。ここで、切削位置Gの位置デー

タを  $P_o$ 、ボールエンドミル 35 の工具半径を  $r$  とすると、NC データ指令点 M の位置データ  $T_{nc o}$  は、次式で表すことができる。

【0041】

【数1】

【数1】

$$T_{nc o} = P_o + r \cdot n - r \cdot e \text{---(1)}$$

切削位置 G の法線ベクトル  $n$  について逆方向の延長上の位置 F までボールエンドミル 35 で切削しようとする場合、両位置 F, G 間の距離を  $\Delta d$  とすれば、位置 F の位置データ  $P_a$  は次式で表すことができる。

【0042】

【数2】

【数2】

$$P_a = P_o - \Delta d \cdot n \text{---(2)}$$

以上のことから、位置 F で切削するボールエンドミル 35 の NC データ指令点 L の位置データ  $T_{nc a}$  は、次式で表すことができる。

【0043】

【数3】

【数3】

$$\begin{aligned} T_{nc a} &= P_a + r \cdot n - r \cdot e \\ &= P_o - \Delta d \cdot n + r \cdot n - r \cdot e \text{---(3)} \end{aligned}$$

数 3 により歯形状の設計値全てについてボールエンドミル 3 5 の NC データ指令点 L の位置データ T n c a を求めれば、図 1 2 に点線で示す傾斜面まで切削が進むことになる。即ち、位置 G は図 5 に示す粗加工後の測定処理 S 2 0 0 で得た測定データとして、位置 F で切削するためにボールエンドミル 3 5 の NC データ指令点 L の位置データ T n c a を求めれば、仕上げ加工処理 S 5 0 0 に対する補正処理 S 4 0 0 をしたことになる。

#### 【 0 0 4 4 】

そして、図 5 の仕上げ加工処理 S 5 0 0 が予定通り実行されたか測定処理 S 2 0 0 に戻ってタッチプローブ 3 9 で確認する。判定処理 S 3 0 0 で加工不足と判断された場合は、再び S 4 0 0 で補正処理を行うが、この場合はボールエンドミル 3 5 の撓みが主たる原因となる。

#### 【 0 0 4 5 】

図 5 の判定処理 S 3 0 0 で合格判定がでたら、噛合テスト S 6 0 0 で対をなす基準ロータ（雄ロータ 5 を加工しているときは雌の基準ロータ、雌ロータ 6 を加工しているときは雄の基準ロータ）との噛み合い具合を確認してから、表面処理 S 7 0 0 で適宜な表面処理を施して、雄ロータ 5 の仕上げ加工（製造）は終了する。

#### 【 0 0 4 6 】

仕上げ加工 S 5 0 0 において複数のボールエンドミル 3 5 を使い分ける場合には、上記補正処理 S 4 0 0 では各ボールエンドミルについて NC データ指令点 L の位置データ T n c a を求める。また、雄雌各ロータ 5, 6 の形状や材質、ボールエンドミル 3 5 の材質や加工速度などによって NC データ指令点 L の位置データ T n c a は変わるから、それらの諸データは図 4 に示したパソコン 5 1 のモニタ画面 5 3 を利用してキーボード 5 4 からパソコン本体 5 2 の記憶手段に格納しておき、数式 1 乃至数式 3 での補正に使用する。

#### 【 0 0 4 7 】

ボールエンドミル 3 5 の撓み量を予め把握できるなら、補正処理 S 4 0 0 では撓み量を見越して補正の算出をしても良い。

#### 【 0 0 4 8 】



図13は、雄雌各ロータ5, 6の噛み合い状況を横断面で示しており、図13(a)は雌ロータ6のスクリュウ溝に雄ロータ5の歯が噛み合った状況、図13(b)は雄ロータ5のスクリュウ溝に雌ロータ6の歯が噛み合った状況である。尚、図13では歯形が分かり易いように、雄ロータ5の歯の枚数は4枚とした。

#### 【0049】

前述したようにスクリュウ溝はインボリュート形状をしていて、雄雌各ロータ5, 6の噛み合い位置によっては、図14(a)に示す凸面と凸面の組み合わせであったり、図14(b)に示す凹面と凸面の組み合わせになったりする。

#### 【0050】

図13(a)における円Aの個所は、図14(b)に示す凹面と凸面の組み合わせであるが、図13(a)における円Bの個所及びは、図13(b)における円Cと円Dの個所は、図14(a)に示す凸面と凸面の組み合わせとなっている。

#### 【0051】

本発明者らの検討によれば、雄雌各ロータ5, 6の微少間隙 $\Delta$ が同じでも、図14(a)に示す凸面と凸面の組み合わせは図14(b)に示す凹面と凸面の組み合わせよりも空気の漏れの大きいことが確かめられた。そして凹面や凸面の曲率を変えてみても、この傾向は同じであった。

#### 【0052】

この空気の漏れが多い図13(a)における円Bの個所及びは図13(b)における円Cと円Dの個所は、雄ロータ6におけるスクリュウ溝の底の領域である。

#### 【0053】

この領域での空気の漏れを低減するためには、この領域では雄雌各ロータ5, 6ともども凹条5a, 6aの幅を狭くし隣接する凹条5a同士のピッチ間隔Pを小さくし、流体抵抗を増加させるとよい。

#### 【0054】

そこで、狭幅の凹条5a, 6aの加工について説明する。

図15は、ボールエンドミル35により一例として雄ロータ5に凹条5aの加

工する状況を示している。

#### 【0 0 5 5】

工具半径  $r$  のボールエンドミル 3 5 によりピッチ間隔  $P$  で隣接する凹条 5 a 同士の溝壁高さ  $h$  の各凹条 5 a を形成する場合、ボールエンドミル 3 5 の工具半径  $r$  とピッチ間隔  $P$  を小さくし凹条 5 a を抛り多く設けると、隣接する凹条 5 a 同士の溝壁高さ（溝深さ） $h$  を維持して、流体抵抗を増加せしめ空気の漏れを少なくすることができる。

#### 【0 0 5 6】

一例として、直径約 1 2 0 mm の雌ロータ 6 の仕上げ加工に  $\phi 8$  のボールエンドミルだけを用いてその各スクリュウ溝に深さ（ $h$ ）0, 0 0 5 mm で 1 9 4 本の凹条 6 a を設けたが、直径約 1 2 0 mm の雄ロータ 5 の仕上げ加工においては  $\phi 8$ ,  $\phi 4$ ,  $\phi 2$  の 3 本のボールエンドミルを用いて各スクリュウ溝に深さ（ $h$ ）0, 0 0 5 mm で 2 8 7 本の凹条 5 a を設け、特に雄ロータ 5 の各スクリュウ溝の底部には細かいピッチ  $P$  で狭幅の凹条 5 a を設けた。

#### 【0 0 5 7】

このように、凸面と凸面の組み合わせにおいて片方のロータについてだけ空気の漏れを減らす凹条の加工を施しても良いが、両方のロータに施すことが良い。

#### 【0 0 5 8】

次に、空気の漏れを低減する他の構成について説明する。

スクリュウ圧縮機は雄雌各ロータ 5, 6 に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成しており、これら両ロータ 5, 6 が各ロータ 5, 6 に固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するものであり、微少間隔の最小部は吸い込み側と吐き出し側を区分しており、この微少間隔の最小部は両ロータ 5, 6 の回転に伴って吸い込み側から吐き出し側へ移動し、吐き出し側では容積が低下していくことによって空気を圧縮をしている。この場合の微少間隔最小部の移動経路をシールラインと呼び、シールライン  $SL$  の移動方向は空気を圧縮していく方向である。

#### 【0 0 5 9】

シールライン  $SL$  の移動経路を図示すれば、図 1 6 の通りである。

雌ロータ 6 では図 1 6 (a) のシールライン S L のように、a - b - C - F - d - e の経路を取り、雄ロータ 5 側のシールライン S L は図 1 6 (b) のように f - g - H - M - i - j の経路を取る。雌ロータ 6 と雄ロータ 5 に点線で示した加工経路はボールエンドミル 3 5 の移動経路であるが、凹条 5 a, 6 a はスクリュウ溝に沿って延びている。図 1 6 ではシールライン S L を雌ロータ 6 と雄ロータ 5 の表面に示したが、これはシールライン S L と凹条 5 a, 6 a の関係を説明するためであり、現実のシールライン S L では雌ロータ 6 上の位置 a と雄ロータ 5 上の位置 f が同一であり、以下、b と g, C と H, F と M, d と i、そして e と j が同一位置である。

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 6 で分かるように、シールライン S L は雌ロータ 6 と雄ロータ 5 においてボールエンドミル 3 5 の移動経路（凹条 5 a, 6 a）と交差している。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 7 は雄ロータ 5 についてシールライン S L の（移動）方向とボールエンドミル 3 5 の移動経路（凹条 5 a）における加工方向を拡大して表したものである。

#### 【 0 0 6 2 】

図 1 7 (a) はシールライン S L の（移動）方向とボールエンドミル 3 5 の加工方向が平行しているが、図 1 7 (b) では交差している。図 1 7 では空気の漏れ方向も示してあるが、図 1 7 (a) ではシールライン S L 方向で示す空気の圧縮方向においては凹条 5 a が延びているのでこの方向に空気の流体抵抗は小さいが直交する方向では凹条 5 a の側壁が障害となり空気は漏れずらい。これに対し、図 1 7 (b) ではシールライン S L 方向で示す空気の圧縮方向においては凹条 5 a の側壁が障害となって流体抵抗は増加するが、シールライン S L 方向と交差する方向では凹条 5 a が延びておりこの方向では凹条 5 a が空気の横漏れを許す経路となっていることが分かる。

そこで、このシールライン S L がボールエンドミル 3 5 の加工方向、即ち、凹条 5 a と交差する領域では空気の横漏れを防ぐことが望ましい。

#### 【 0 0 6 3 】

ボールエンドミル 35 の加工技術としては、図 18 に示すダウンカットとアップカットがある。

ダウンカット加工は、図 18 (a) において一例を雄ロータ 5 で示すように、加工物の表面から内部に向けて刃先を立ててボールエンドミル 35 を回転するものであり、アップカット加工は、図 18 (b) において一例を雄ロータ 5 で示すように、加工物の内部から表面に向けて刃先を寝かして形でボールエンドミル 35 を回転するものである。

#### 【0064】

加工後の形状はダウンカット加工の場合は木目にそって鉋をかけるように加工物を削ぐ形であるから表面は滑らかで綺麗であるが、アップカット加工ではカミソリでヒゲの逆剃りをするように加工物をむしり取る形となって表面は荒れる。アップカット加工によって凹条 5a を形成し表面が荒れた状況を図 19 に概略的に示したが、凹条 5a における表面の荒れは空気にとって流体抵抗となり、漏れを抑える働きをする。即ち、アップカット加工によって形成し荒れた表面を持つ凹条 5a は、空気に対する流体抵抗を増加させる手段として機能している。

#### 【0065】

シールライン SL の移動経路は雄雌各ロータ 5, 6 の形状によって決まり、従って、シールライン SL の移動経路が凹条 5a, 6a と交差する領域も定まり、雄雌各ロータ 5, 6 が回転しても変わらないから、凹条 5a, 6a を設ける際、雌ロータ 6 について一実施形態を示した図 20 において点線で囲った領域 R の加工はアップカット加工によって行うと良い。図 20 において点線で囲った領域 R 以外の凹条 6a の加工はダウンカット加工を行うことで、流体抵抗の上昇を避ける。

#### 【0066】

マシンニングセンタ 31 において、ダウンカット加工とアップカット加工の切り替えはボールエンドミル 35 を回転方向はそのままとしてボールエンドミル 35 と加工物の相対移動方向を逆にすれば済むことで簡単であるから、シールライン SL の移動経路が凹条 6a と交差する領域 R における流体抵抗を高めることに困難は伴わない。

**【 0 0 6 7 】**

以上の雄雌各ロータ 5, 6 におけるスクリュウ溝曲面形状の組み合わせに基づく凹条 5 a, 6 a の幅やピッチ間隔 P の変更及び雄雌各ロータ 5, 6 の回転で形成されるシールライン S L と凹条 5 a, 6 a の交差に基づく流体抵抗の付与調整は個別に実施してもよいが、併用すると空気の漏れを低減させることにおいて一層効果が発揮される。

**【 0 0 6 8 】****【発明の効果】**

以上説明したように、本発明スクリュウ圧縮機によれば、圧縮した空気の漏れが僅かで高い圧縮性能が得られる。

**【 0 0 6 9 】**

また、本発明スクリュウ圧縮機の製造方法あるいはその製造装置によれば、圧縮した空気の漏れが僅かで高い圧縮性能が得られるスクリュウ圧縮機のロータを容易に製造することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の一実施形態になるスクリュウ圧縮機を上から見た縦断面図である。

**【図 2】**

図 1 に示したスクリュウ圧縮機を横から見た縦断面図である。

**【図 3】**

図 1 に示したスクリュウ圧縮機における雄ロータと雌ロータの配置状況を示す斜視図である。

**【図 4】**

雄雌各ロータの各スクリュウ溝に凹条を形成する製造装置としてのマシニングセンタとその制御部であるパソコンを示す概略図である。

**【図 5】**

雄雌各ロータの製造工程を示す図である。

**【図 6】**

図 5 の測定処理での雄ロータの形状測定状況を説明する図である。

**【図 7】**

図 5 の測定処理での雄ロータの形状測定状況を説明する図である。

**【図 8】**

図 5 の測定処理での雄ロータの形状測定状況を説明する図である。

**【図 9】**

図 6 の測定で得た雄ロータの任意位置での測定プロフィールを示す図である。

**【図 1 0】**

雄ロータの粗加工後と仕上げ加工後の横断面形状を示す図である。

**【図 1 1】**

ボールエンドミルによる傾斜面の切削状況を説明する図である。

**【図 1 2】**

ボールエンドミルによる傾斜面での切削を正確に行うための N C データの製作について説明する図である。

**【図 1 3】**

雄雌各ロータの噛み合い状況を示す横断面図である。

**【図 1 4】**

雄雌各ロータにおける曲面の組み合わせ状況を示す図である。

**【図 1 5】**

ボールエンドミル 3 5 により雄ロータに凹条の加工する状況を示す図である。

**【図 1 6】**

雄雌各ロータにおけるシールラインと凹条の状況を説明するための斜視図である。

**【図 1 7】**

雄雌各ロータにおけるシールラインと凹条と空気の漏れの関係性を説明するための斜視図である。

**【図 1 8】**

マシンニングセンタによるボールエンドミルの加工技術を説明するための図である。

**【図 1 9】**

マシニングセンタのボールエンドミルでアップカット加工を行った場合の状況を説明するための図である。

【図 2 0】

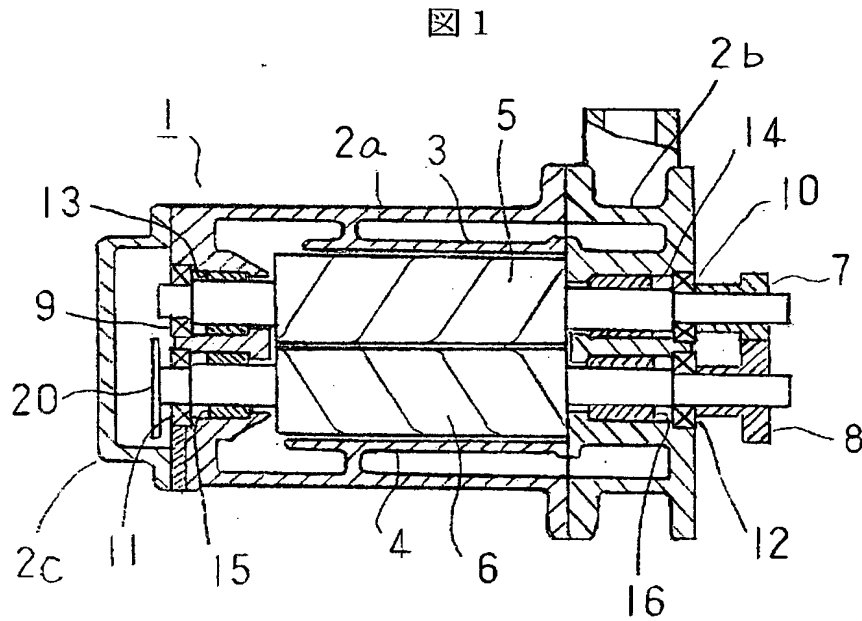
雌ロータについてボールエンドミルによるアップカット加工とダウンカット加工を行う領域を説明するための図である。

【符号の説明】

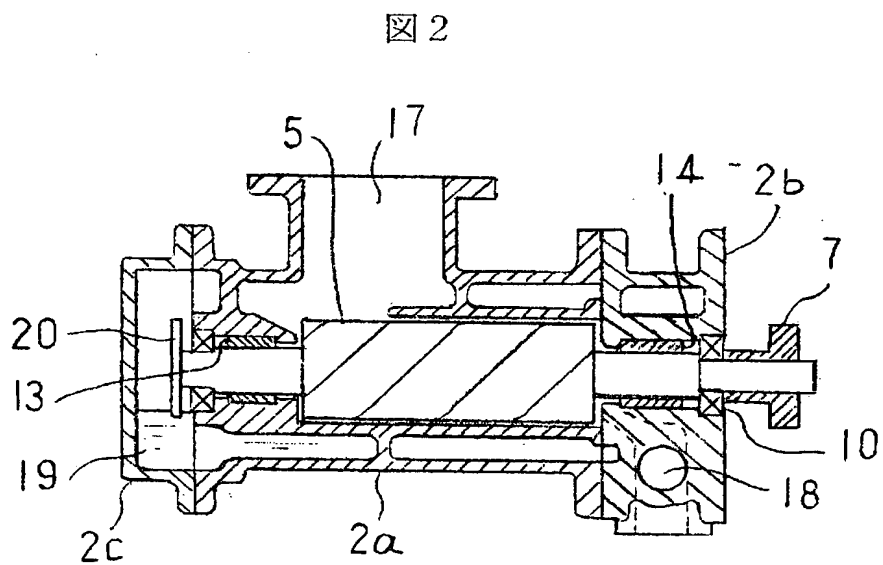
- 1…スクリュウ圧縮機
- 2…ケーシング
- 3, 4…ボア
- 5…雄ロータ
- 5 a…凹条
- 6…雌ロータ
- 6 a…凹条
- 7、8…タイミングギヤ
- 3 1…マシニングセンタ
- 3 3…マシニングセンタ本体
- 3 5…ボールエンドミル
- 3 6…回転テーブル
- 3 7…超硬センタ
- 3 8…芯押し台
- 3 9…タッチプローブ
- 5 1…パソコン

【書類名】 図面

【図 1】



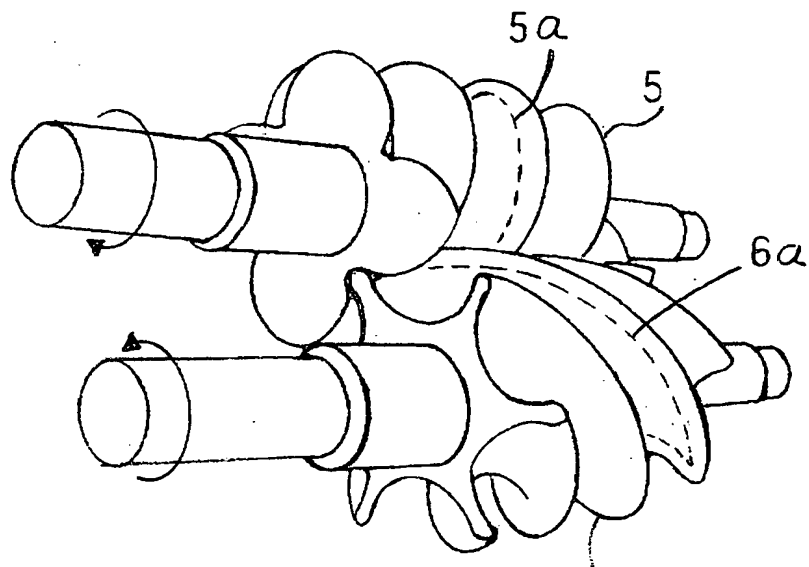
【図 2】





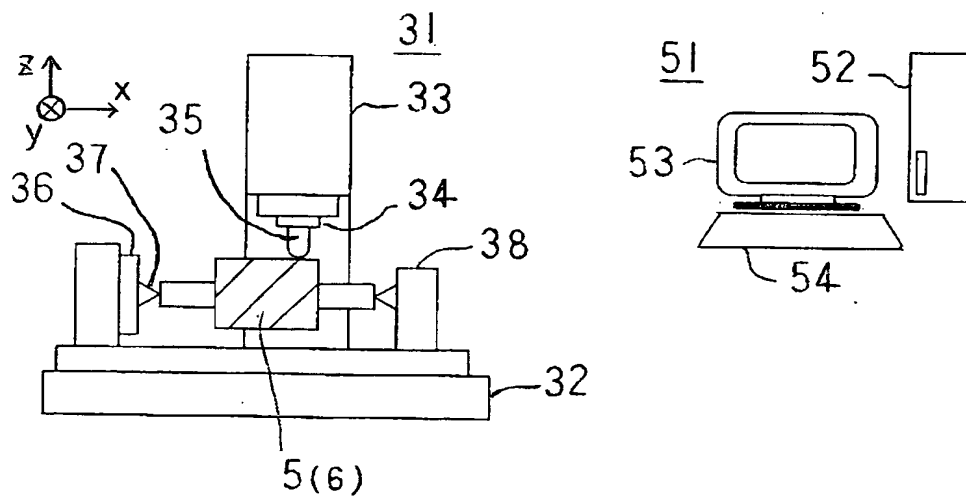
【図 3】

図 3



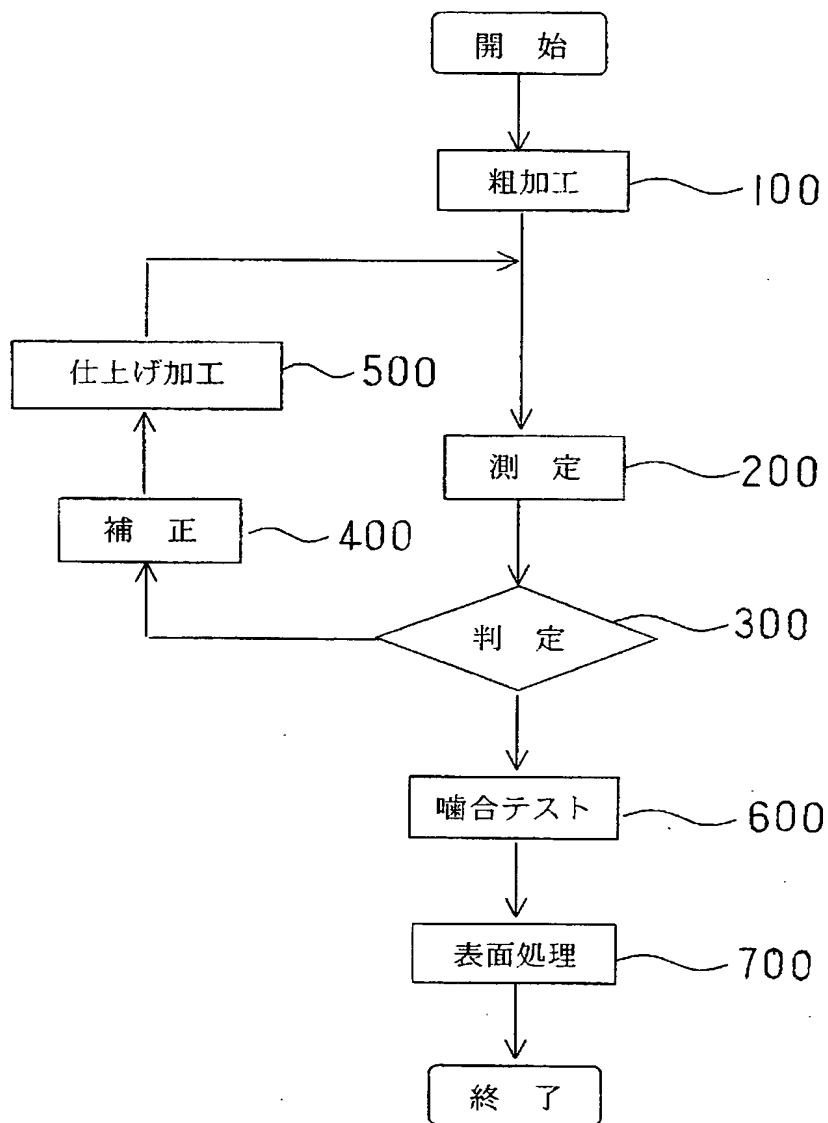
【図 4】

図 4



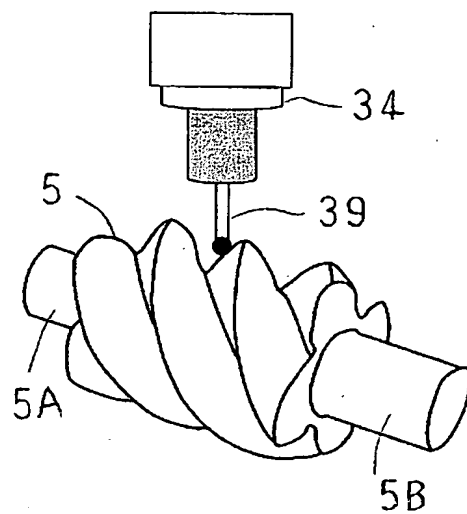
【図 5】

図 5



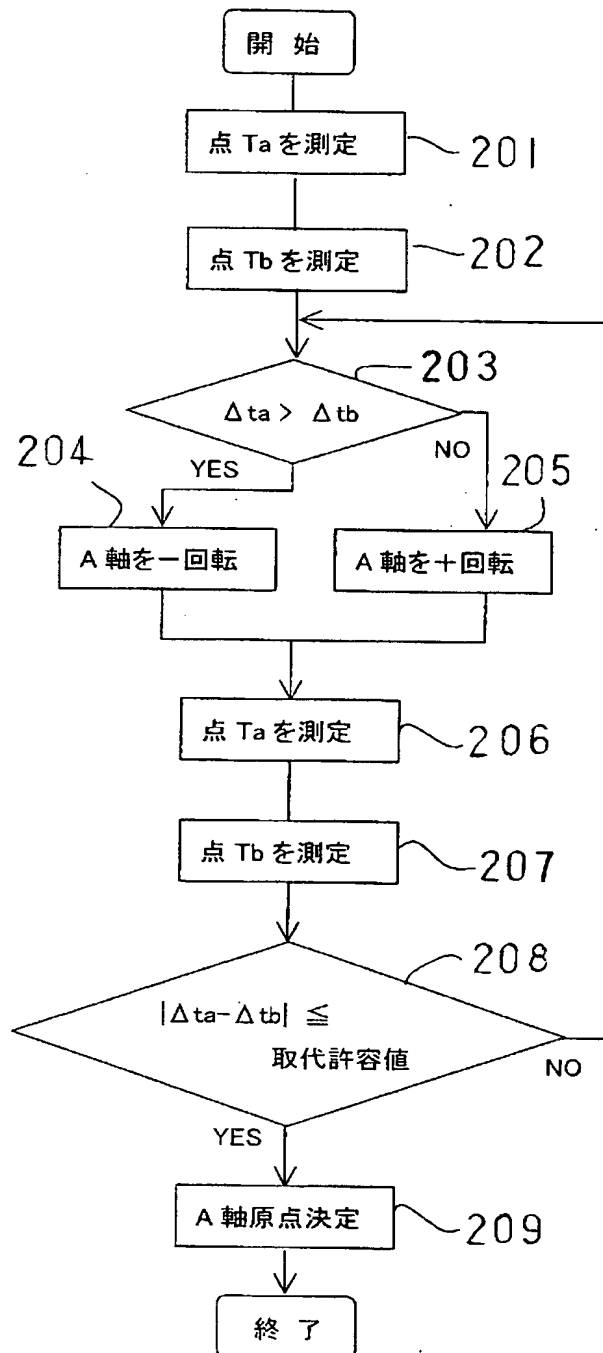
【図 6】

図 6

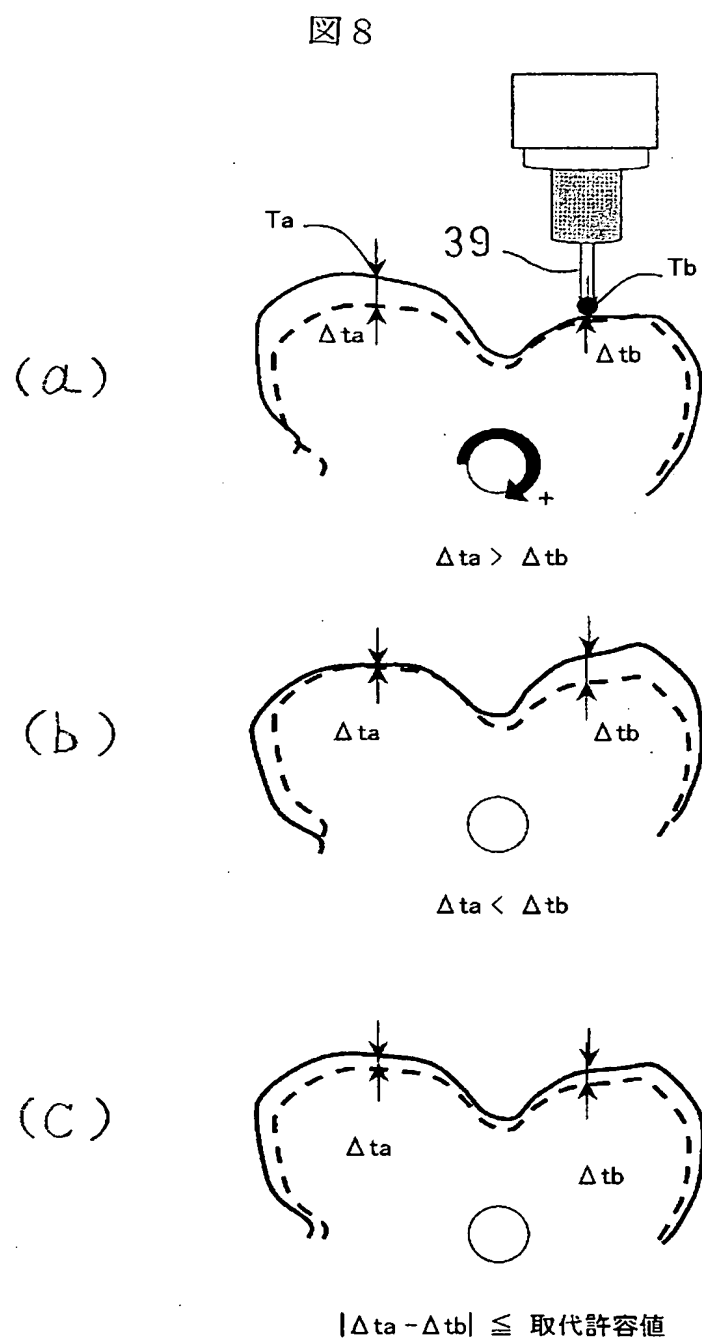


【図 7】

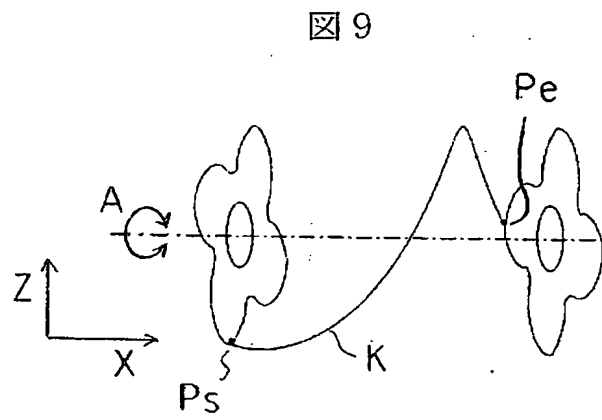
図 7



【図 8】

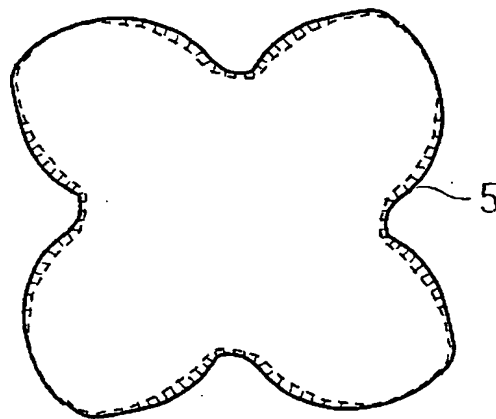


【図 9】



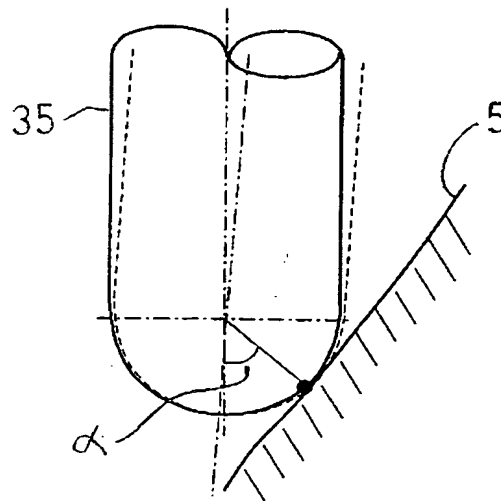
【図 10】

図 10



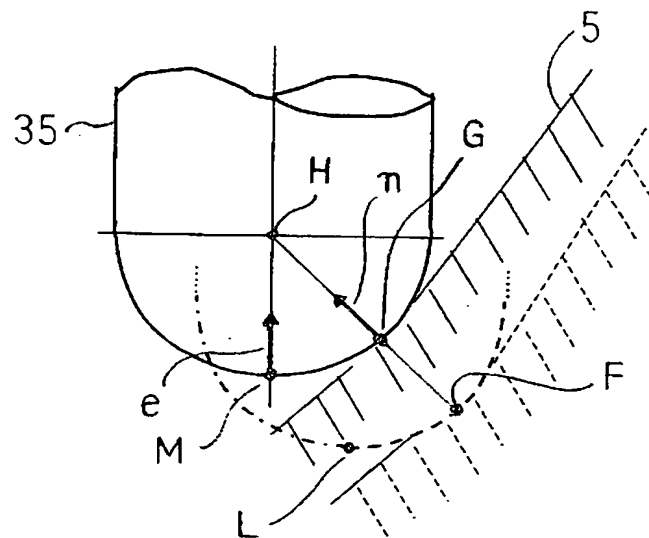
【図 11】

図 11



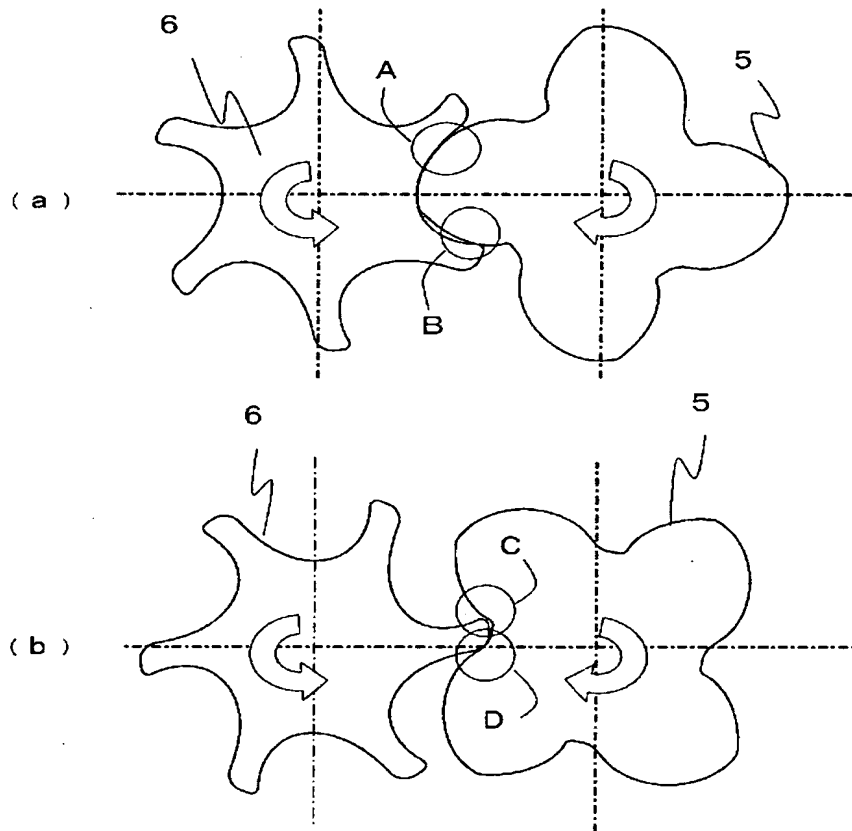
【図 12】

図 12



【図 13】

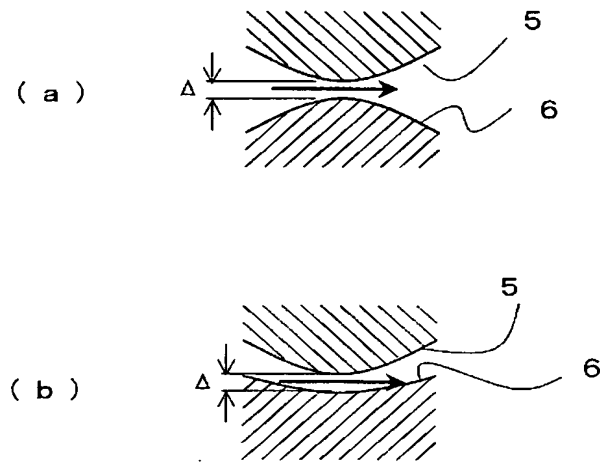
図 13





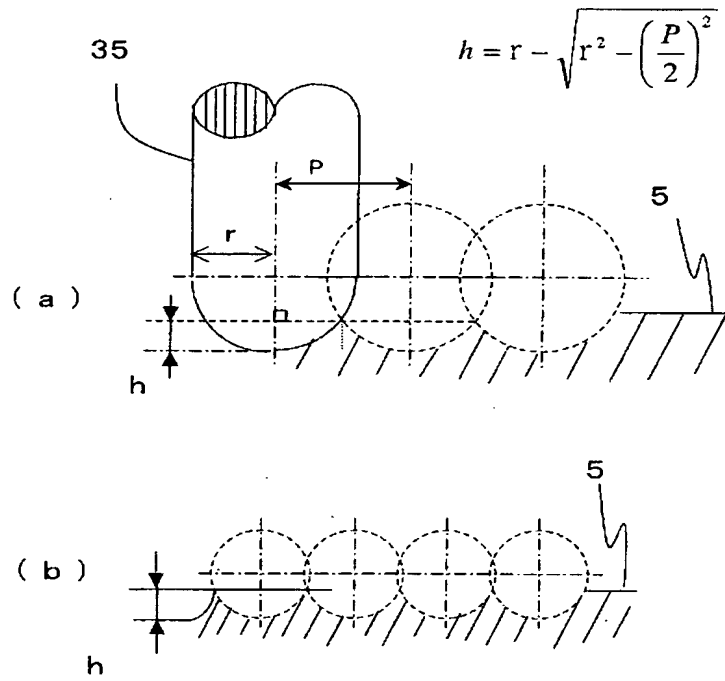
【図 14】

図 14



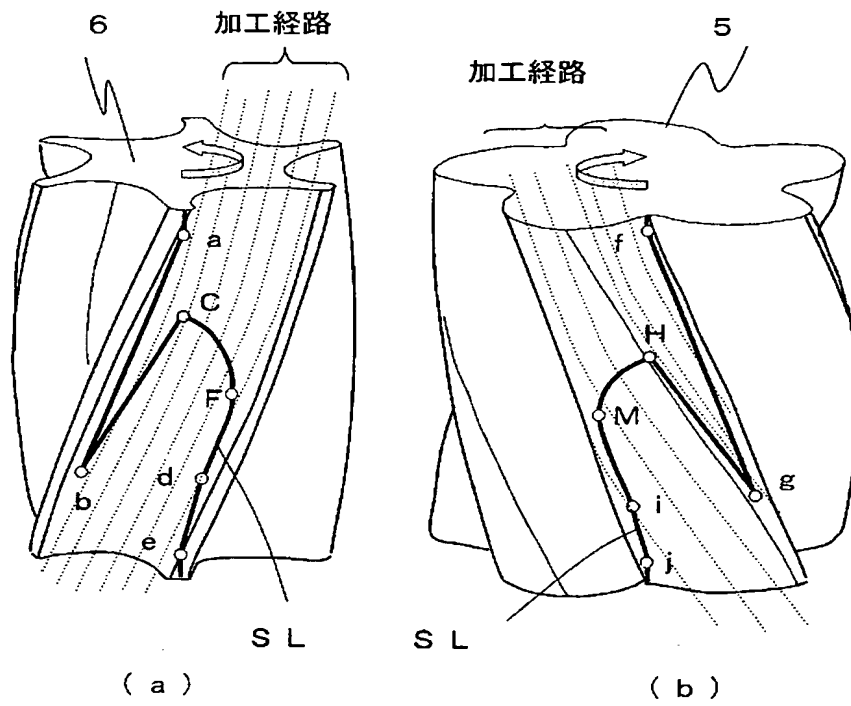
【図 15】

図 15



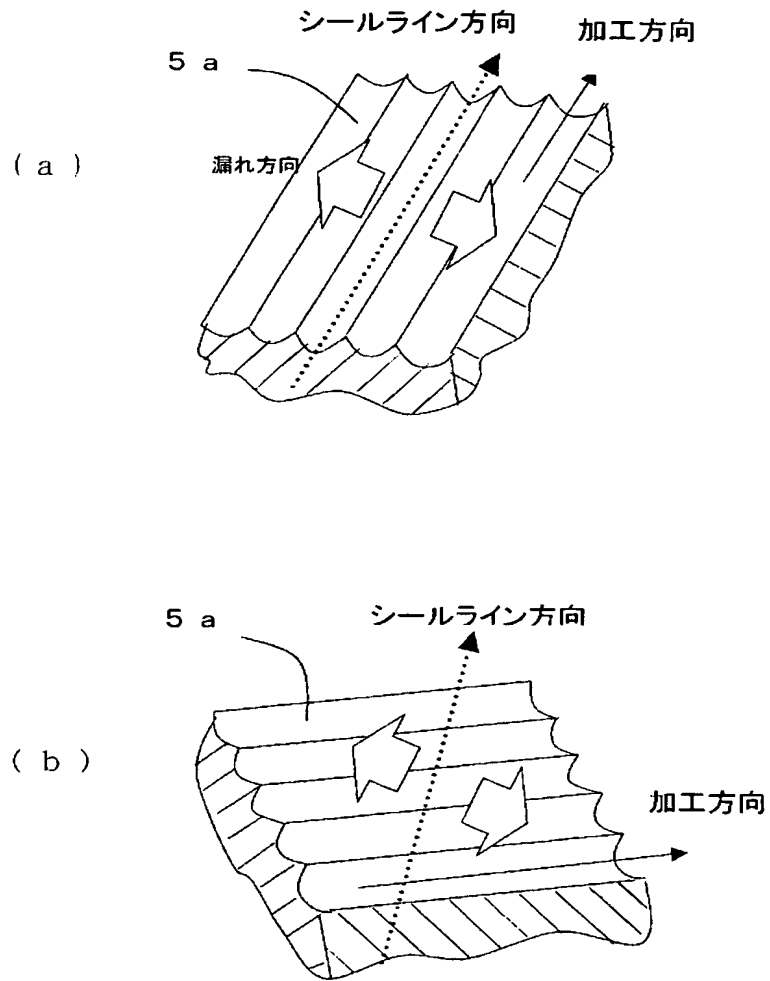
【図 16】

図 16



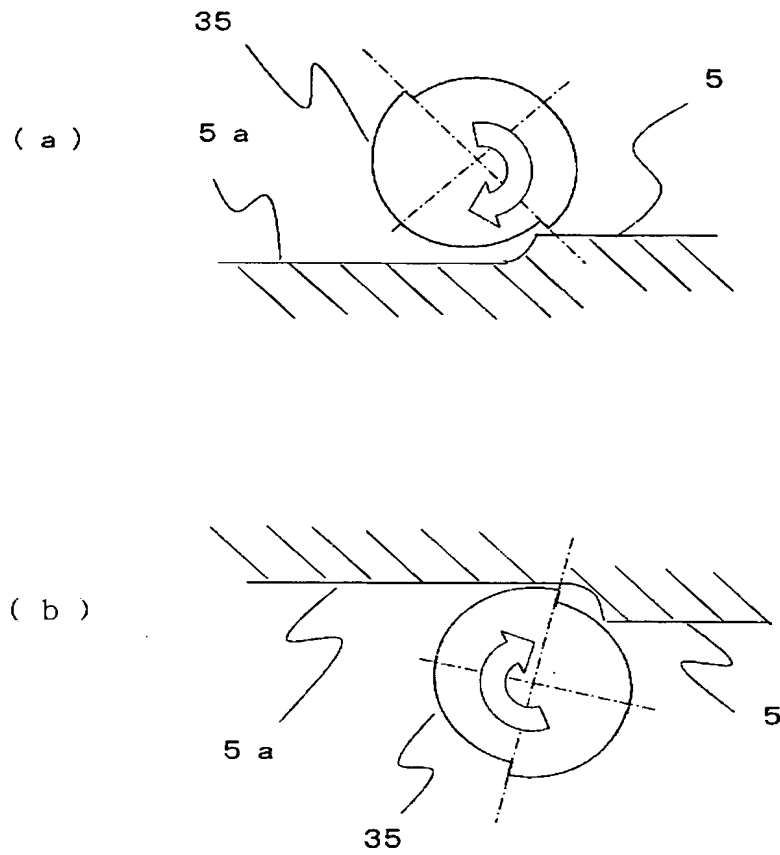
【図 17】

図 17

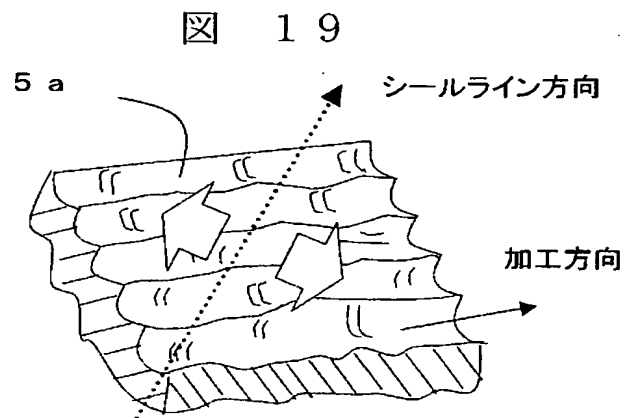


【図 18】

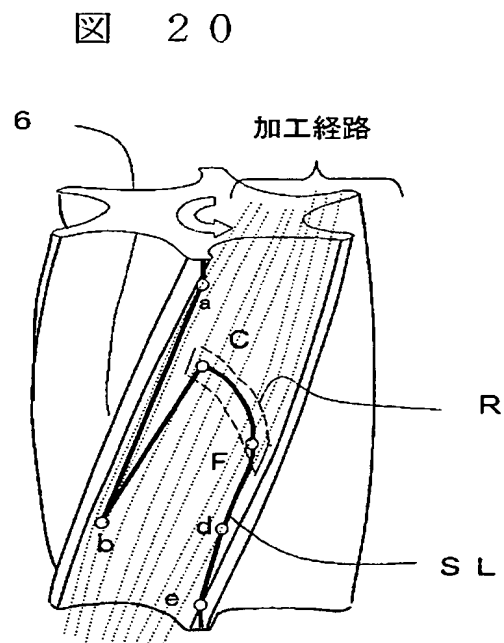
図 18



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

圧縮した空気の漏れが少なくて高い圧縮効率を得られるスクリュウ圧縮機を提供することである。

【解決手段】

ケーシング内に軸方向にねじれたスクリュウ溝を形成してある雄ロータ 5 と雌ロータ 6 を有し、これら両ロータ 5, 6 が各ロータに固定したタイミングギヤによって所望の微少間隙を保持しながら回転するスクリュウ圧縮機であり、各ロータにはそれらの各スクリュウ溝にそのねじれ方向に沿った微少深さの凹条 5 a, 6 a を設けている。

【選択図】 図 3